

Practitioner's Docket No.: 008312-0307436
Client Reference No.: T4KN-03S1007

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: TOSHITAKA YAMADA, et al.

Confirmation No: UNKNOWN

Application No.: UNKNOWN

Group No.: UNKNOWN

Filed: December 23, 2003

Examiner: UNKNOWN

For: SEMICONDUCTOR LASER APPARATUS

**Commissioner for Patents
Mail Stop Patent Application
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450**

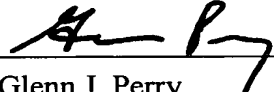
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2002-378280	12/26/2002

Date: December 23, 2003

PILLSBURY WINTHROP LLP
P.O. Box 10500
McLean, VA 22102
Telephone: (703) 905-2000
Facsimile: (703) 905-2500
Customer Number: 00909


Glenn J. Perry
Registration No. 28458

0351007

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 2 6 日
Date of Application:

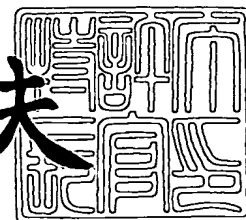
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 7 8 2 8 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 7 8 2 8 0]

出 願 人 株式会社東芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 1 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 7 4 5 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000205975

【提出日】 平成14年12月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 半導体レーザ装置

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新磯子町 3 3 番地 株式会社東芝
生産技術センター内

【氏名】 山田 明孝

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県深谷市幡羅町一丁目 9 番地 2 株式会社東芝深谷
映像工場内

【氏名】 岡野 英明

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書
【発明の名称】 半導体レーザ装置
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一方向にスラブ導波路構造を形成すると共に、前記一方向に対して垂直な他方向に利得導波路構造を形成し、かつ光共振器の発振光軸に沿って前記利得導波路を規定する第 1 の電極と平面状の第 2 の電極とを対向配置して成る半導体レーザ装置において、

前記第 1 の電極は、前記発振光軸に対して傾けて形成されたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 複数のクラッド層を積層し、所定の幅を有する第 1 の電極とこの第 1 の電極の幅よりも幅の広い第 2 の電極とを前記各クラッド層を介して対向配置し、かつ前記各クラッド層の接合部における前記各クラッド層の積層方向をスラブ導波路構造に成すと共に、前記積層方向に対して垂直方向を利得導波路構造に成し、これら導波路構造内でレーザビームを発振する半導体レーザ装置において、

前記第 1 の電極は、前記レーザビームの発振光軸に対して傾けて形成されたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記第 1 の電極は、複数本並列に形成されたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 複数のクラッド層を積層し、それぞれ所定の幅を有する複数の第 1 の電極とこれら第 1 の電極の各幅よりも幅の広い第 2 の電極とを前記各クラッド層を介して対向して形成し、かつ前記各クラッド層の接合部における前記各クラッド層の積層方向をスラブ導波路構造に成すと共に、前記積層方向に対して垂直方向を利得導波路構造に成して複数のレーザビームの発光点を形成する複数の半導体レーザを有し、これら半導体レーザを複数積み重ねて形成されたスタック型の半導体レーザ装置において、

複数の前記第 1 の電極は、それぞれ前記レーザビームの発振光軸に対して傾けて形成されたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記第 1 の電極は、W をこの第 1 の電極の幅、L をこの第 1

の電極の長さとしたとき、前記発振光軸に対して θ (ここで $\theta = \tan^{-1} ((W/2)/L)$) だけ傾けて形成されたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 6】 前記第 1 の電極は、 W をこの第 1 の電極の幅、 L をこの第 1 の電極の長さとしたとき、前記レーザービームの発振光軸に対して θ (ここで $\theta = \tan^{-1} ((W/2)/L)$) だけ傾けて形成されたことを特徴とする請求項 2 又は 4 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 7】 前記第 1 の電極は、前記積層方向に対して垂直方向の屈折率分布を前記レーザービームの発振光軸の全光路長に亘って平均化する角度に傾けて形成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項記載の半導体レーザー装置。

【請求項 8】 前記第 1 の電極は、ストライプ状に形成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項記載の半導体レーザー装置。

【請求項 9】 前記第 1 の電極は、前記ストライプ状に形成され、前記レーザービームの発振光軸に対して角度 $0.5^\circ \sim 5^\circ$ の範囲内に傾けて形成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項記載の半導体レーザー装置。

【請求項 10】 前記第 1 の電極は、蛇行形状、くの字形状、湾曲形状又はジグザグ形状し、前記積層方向に対して垂直方向の屈折率分布を前記レーザービームの発振光軸の全光路長に亘って平均化する角度に傾けて形成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項記載の半導体レーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高出力の半導体レーザー装置に関わり、特に横方向のレーザービーム品質を向上させた半導体レーザー装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

図 6 は半導体レーザー装置の構成図である。この半導体レーザー装置は、 n 型のクラッド層 1 上に p 型の活性領域 2 を有する層 (以下、活性領域層と称する) 3 を

形成し、この活性領域層 3 上に p 型のクラッド層 4 を形成する。なお、これらクラッド層 1、活性領域層 3 及びクラッド層 4 の積層方向は、X 方向（以下、縦方向と称する）とする。

【0003】

これら層のうち n 型のクラッド層 1 は例えば Al-Ga-As からなり、活性領域層 3 は例えば Ga-As からなり、p 型のクラッド層 4 は例えば Al-Ga-As からなる。活性領域層 3 は、各クラッド層 1、4 に比較して光の屈折率が高い。この活性領域層 3 は、例えば厚さ $1\ \mu\text{m}$ 以下に形成されている。

【0004】

又、クラッド層 4 の上面にストライプ状の電極（以下、電極ストライプと称する）5 が形成されている。この電極ストライプ 5 は、所定の幅、例えば数 μm ～数百 μm で、光軸方向（Z 方向）に形成されている。この電極ストライプ 5 は、正極となる。又、クラッド層 1 の下面に平面状の負電極 6 が形成されている。この負電極 6 は、負極となる。

【0005】

さらに、光軸方向の各端面には、それぞれ光共振器を形成する高反射ミラー面 7 と出力ミラー面 8 とが互いに対向配置されている。

【0006】

このような構成であれば、クラッド層 1、活性領域層 3 及びクラッド層 4 の積層によって、縦方向にバンドギャップと屈折率とが異なる層構造が造り込まれる。これにより、電極ストライプ 5 から負電極 6 に流れる電流と光とは、活性領域 2 の付近に閉じ込められる。すなわち、縦方向はスラブ導波路構造（屈折率導波構造）を成す。キャリア再結合光発生は、活性領域 2 において起こる。

【0007】

横方向（Y 方向）すなわちクラッド層 1、活性領域層 3 及びクラッド層 4 の接合方向（p-n 接合に平行な方向）は、一様な材質に形成されている。この横方向は、電極ストライプ 5 の幅により電流の流れる領域を限定する。この横方向は、電流密度の大きさによる利得又は損失によって光を導波するので、利得導波と呼ばれる。

【0008】

このような半導体レーザ装置は、例えば非特許文献1に記載されている。この非特許文献1は、上記半導体レーザ装置の構造の各種方式について詳しく説明している。

【0009】

一方、半導体レーザ装置は、小型、堅牢、高効率、長寿命などの利点を有する。又、半導体レーザ装置は、1つのエミッタ（1つの電極ストライプ5を用いての発光：シングルエミッタと称する）から数Wレベルのレーザ出力Pを得る。これにより、半導体レーザ装置は、通信・情報の分野への利用以外に、例えば溶接、焼き入れ、マーキングなどの材料加工用として利用することも可能である。

【0010】

シングルエミッタによる半導体レーザ装置のレーザ出力Pは、損傷などを起こすためにWクラスに制限されている。高出力のレーザ出力Pを得るには、横方向を例えば10mm程度の長さに形成したチップ内に複数本の電極ストライプ5を互いに平行に配置し、複数のレーザビームの発光点をアレイ化したアレイ型半導体レーザを用いる。このアレイ型半導体レーザは、レーザバーと称される。

【0011】

このアレイ型半導体レーザは、複数のレーザ出力Pを合計することにより数十Wから数百Wの出力を実現している。例えば非特許文献2は、電極ストライプ5を必要な個数だけ並列に配置（マルチストラスプ方式）することで、これら電極ストライプ5の倍数でレーザ出力Pを増大できることを記載している。

【0012】

さらに、最近、複数のアレイ型半導体レーザを縦方向に積み重ねたスタック型半導体レーザが作成されている。このスタック型半導体レーザは、kW級の高出力パワーを実現している。

【0013】

これらアレイ型半導体レーザ及びスタック型半導体レーザは、上記図6に示すシングルエミッタの半導体レーザ装置を基本として作成される。この半導体レーザ装置の構造は、上記の如く縦方向にスラブ導波路構造を成し、横方向に利得導

波路構造を成す。

【0014】

このためW級のレーザ出力Pを有する半導体レーザ装置から出力されるレーザビームの品質は、クラッド層1とクラッド層4とのpn接合面（横方向）と、このpn接合面に対して垂直方向（縦方向）とで大きく相違する。これらレーザビーム品質の相違を数値化して表わすと、20倍と大きく相違する。すなわち、縦方向は、屈折率導波構造により小さなレーザビームの発光サイズとなり、これによりレーザビームの品質はよい。

【0015】

これに対して横方向は、利得導波路構造なので、反導波となっている。これにより、半導体レーザ装置内で発振光軸上で発振するレーザビームの位相面は、凸面状になる。このため、半導体レーザ装置から出力されるレーザビームは、広がり角を大きくし、品質を低下している。

【0016】

図7は半導体レーザ装置の縦方向の放射特性図を示す。同図9において横軸は角度であり、縦軸はレーザ出力Pのレベルである。又、図8は半導体レーザ装置の横方向の放射特性図を示す。同図9において横軸は角度であり、縦軸はレーザ出力Pのレベルである。

【0017】

これら放射特性図を比較すると明確なように、縦方向と横方向の各放射特性は、著しく相違する。縦方向の放射特性は、角度に対して対称的なレーザ出力のレベル変化を示し、品質の高いレーザビームである。これに対して横方向の放射特性は、角度に対して不均一なレーザ出力Pのレベル変化を示し、格段に品質の低下したレーザビームである。

【0018】

ここで、横方向のレーザビームの品質が低下する理由について説明する。

【0019】

図9（a）～（d）は半導体レーザ装置の横方向の構造及び特性分布を示し、同図（a）は半導体レーザ装置の横方向の断面構造図、同図（b）は横方向の屈

折率分布、同図 (c) は横方向の利得分布、同図 (d) は横方向の波面形状を示す。

【0020】

電極ストライプ5は、例えば所定幅50～400 μ mに形成されている。この電極ストライプ5から注入された電流*i*は、対極する幅広の負電極6に向って流れる。このときの横方向の電流密度分布は、中央部で高く、周辺部になる程単調に低くなる。

【0021】

又、屈折率とキャリア濃度（注入電流密度）との関係は、例えば非特許文献3に示される。屈折率*n*はキャリア濃度*N*の関数であり、

$$n \sim n_0 (1 - N \cdot e^2 / 2m \cdot \epsilon_0 \cdot \omega^2 \cdot n_0) \quad \dots (1)$$

により表わされる。*n*₀はキュリアのないときの屈折率、*e*は電子の電荷、*m*は電子の有効質量、 ϵ_0 は真空の誘電率、 ω は光の振動数である。

【0022】

上記式(1)は、キャリア濃度*N*を大きくすると、屈折率*n*が低くなる関係を示す。すなわち、図9(b)に示すように屈折率*n*の横方向の変化は、中央部で低く、周辺部になる程キャリアのない状態すなわち材料そのものの屈折率まで増大する。

【0023】

このような横方向の屈折率分布は、図9(a)に示す発振光軸（図面に対して垂直方向）に対して凹レンズと同等な作用効果をレーザビームに与える。このため、横方向は、反導波と称される導波構造になる。

【0024】

しかるに、横方向の屈折率分布によりレーザビームの進行方向（光軸方向）における位相面は、図9(d)に示すように凸面状になる。このため、レーザビームは、横方向において広がり角度を大きくするものとなり、品質を低下している。なお、横方向は、反導波の導波構造であっても、電極ストライプ5に沿って大きな利得を有するので、大きな出力パワーを得られる。

【0025】

【非特許文献 1】

「半導体レーザ」(株) 培風館、1989年、p. 91-123

【0026】

【非特許文献 2】

「IEEE Journal of Quantum Electronics, vol24, No6」1988年、p. 883-894

【0027】

【非特許文献 3】

「J. Appl. Physics, vol44, No10」、1973年、p. 4696-4707

【0028】

【発明が解決しようとする課題】

一般に、レーザビーム品質は、発光サイズとレーザビームの広がり角度との積により評価される。このレーザビーム品質の評価は、小さい値程高い品質とする。市販品を含めて現存する半導体レーザ装置は、単一の電極ストライプで、横方向に利得導波構造を有している。

【0029】

数Wクラスの半導体レーザ装置における縦方向のレーザビーム品質は、例えばビーム径 $1.5\ \mu\text{m}$ と広がり角度 40° との積で評価される。

【0030】

これに対して横方向のレーザビーム品質は、例えばビーム径 $200\ \mu\text{m}$ と広がり角度 9° との積で評価される。従って、横方向のレーザビーム品質の評価は、縦方向のレーザビーム品質の評価に比較して格段に悪い。

【0031】

半導体レーザ装置から出力されたレーザビームは、上記通信・情報の分野や材料加工用として利用される他に、例えばデータプロジェクタやプロジェクションテレビ受像機の光源にも用いられ得る。このような光源に用いる場合、半導体レーザ装置から出力されたレーザビームは、レンズによって集光されて、発光イオン Pr^{3+} や Tm^{3+} などコアに混在させた、コア径 $30\ \mu\text{m}$ 以下の光ファイバへ入射され

、半導体レーザの発する赤外波長から可視波長へ、効率よく変換される。

【0032】

しかしながら、半導体レーザ装置から出力されるレーザビームの横方向の幅は、 $200\mu\text{m}$ 、広がり角度が 9° であって、開口数0.3の光ファイバに集光する場合、その最小径は $60\mu\text{m}$ 弱である。このため、この最小コア径以下のコア径を有する光ファイバに対しては、半導体レーザ装置との間で高効率に結合できない。

【0033】

アレイ型半導体レーザ及びスタック型半導体レーザは、シングルエミッタの半導体レーザ装置のレーザビーム品質と同等の広がり角度を持つ上、大きな発光サイズを有する。このため、これらアレイ型半導体レーザ及びスタック型半導体レーザもエミッタ数に反比例してレーザビーム品質が低下する。

【0034】

例えば、非特許文献2に記載されているようなアレイ型半導体レーザは、1つの電極ストライプ5によるレーザビーム品質が悪い上に、光源サイズが電極ストライプ5の本数に比例して大きくなる。このため、アレイ型半導体レーザから出力されるレーザビームの全体としてみると、レーザビーム品質は低下する。

【0035】

このような現状から半導体レーザ装置から出力されたレーザビームを微細な光ファイバ、例えばコア径 $50\mu\text{m}$ 以下の細コア径光ファイバーに入射することは事実上不可能である。このため、細コア径光ファイバーに光を伝送することは困難であり、半導体レーザ装置を適用する分野が大きく制限される。

【0036】

又、アレイ型半導体レーザ及びスタック型半導体レーザに対して非特許文献4の技術を適用すると、外部に複数の全反射ミラーを設けなければならず、光学系が複雑になる。

【0037】

そこで本発明は、横方向のレーザビームの品質を向上できる半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0038】

【課題を解決するための手段】

本発明は、一方向にスラブ導波路構造を形成すると共に、一方向に対して垂直な他方向に利得導波路構造を形成し、かつ光共振器の発振光軸に沿って利得導波路を規定する第1の電極と平面状の第2の電極とを対向配置して成る半導体レーザ装置において、第1の電極は、発振光軸に対して傾けて形成された半導体レーザ装置である。

【0039】

本発明は、複数のクラッド層を積層し、所定の幅を有する第1の電極とこの第1の電極の幅よりも幅の広い第2の電極とを各クラッド層を介して対向配置し、かつ各クラッド層の接合部における各クラッド層の積層方向をスラブ導波路構造に成すと共に、積層方向に対して垂直方向を利得導波路構造に成し、これら導波路構造内でレーザビームを発振する半導体レーザ装置において、第1の電極は、レーザビームの発振光軸に対して傾けて形成された半導体レーザ装置である。

【0040】

本発明の半導体レーザ装置において、第1の電極は、複数本並列に形成されたことが好ましい。

【0041】

本発明は、複数のクラッド層を積層し、それぞれ所定の幅を有する複数の第1の電極とこれら第1の電極の各幅よりも幅の広い第2の電極とを各クラッド層を介して対向して形成し、かつ各クラッド層の接合部における各クラッド層の積層方向をスラブ導波路構造に成すと共に、積層方向に対して垂直方向を利得導波路構造に成して複数のレーザビームの発光点を形成する複数の半導体レーザを有し、これら半導体レーザを複数積み重ねて形成されたスタック型の半導体レーザ装置において、複数の第1の電極は、それぞれレーザビームの発振光軸に対して傾けて形成された半導体レーザ装置である。

【0042】

本発明の半導体レーザ装置において、第1の電極は、 W をこの第1の電極の幅、 L をこの第1の電極の長さとしたとき、発振光軸に対して θ （ここで $\theta = \tan$

-1 ($(W/2)/L$) だけ傾けて形成されたことが望ましい。

【0043】

本発明の半導体レーザ装置において、第1の電極は、Wをこの第1の電極の幅、Lをこの第1の電極の長さとしたとき、レーザビームの発振光軸に対して θ (ここで $\theta = \tan^{-1} ((W/2)/L)$) だけ傾けて形成されたことが望ましい。

【0044】

本発明の半導体レーザ装置において、第1の電極は、積層方向に対して垂直方向の屈折率分布をレーザビームの発振光軸の全光路長に亘って平均化する角度に傾けて形成されたことが好ましい。

【0045】

本発明の半導体レーザ装置において、第1の電極は、ストライプ状に形成されたことが好ましい。

【0046】

本発明の半導体レーザ装置において、第1の電極は、ストライプ状に形成され、レーザビームの発振光軸に対して角度 $0.5^\circ \sim 5^\circ$ の範囲内に傾けて形成されたことが好ましい。

【0047】

本発明の半導体レーザ装置において、第1の電極は、蛇行形状、くの字形状、湾曲形状又はジグザグ形状し、積層方向に対して垂直方向の屈折率分布をレーザビームの発振光軸の全光路長に亘って平均化する角度に傾けて形成されたことが好ましい。

【0048】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図6と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0049】

図1はシングルエミッタを有する半導体レーザ装置の構成図である。電極ストライプ(第1の電極)10は、ストライプ状に形成されている。この電極ストラ

イプ10は、高反射ミラー面7と出力ミラー面8との対向方向、すなわちレーザービームの発振光軸Qに対し、横方向の面内で傾けて形成されている。

【0050】

具体的に電極ストライプ10は、レーザービームの発振光軸Qに対して角度 θ ($=0.5^\circ \sim 5^\circ$)の範囲内に傾けて形成されている。この電極ストライプ10の最良の傾き角度 θ は、

$$\theta = \tan^{-1} \left((W/2) / L \right) \quad \dots (2)$$

で定まる角度である。ここで、Wは電極ストライプ10の幅、Lは電極ストライプ10の長さである。

【0051】

このような構造であれば、活性領域2の中で発生した光は、高反射ミラー面7と出力ミラー面8との間で光共振を生じる。この結果、出力ミラー面8からレーザー発振が生じる。

【0052】

このときレーザー発振する横方向のレーザービーム幅 W_d は、傾斜する電極ストライプ10内においてZ方向に電極ストライプ10の欠けない部分の幅に同等である。すなわち、電極ストライプ10における高反射ミラー面7と出力ミラー面8との各端面における各エッジ点 R_1 、 S_1 をそれぞれ設定する。このうち一方のエッジ点 R_1 は、高反射ミラー面7と電極ストライプ10のエッジラインとの成す角度 α_1 が 90° 以内となるところであり、他方のエッジ点 S_1 は、出力ミラー面8と電極ストライプ10のエッジラインとの成す角度 α_2 が 90° 以内となるところである。

【0053】

そして、一方のエッジ点 R_1 からZ方向に延ばして出力ミラー面8との交点を端点 R_2 とし、同様に他方のエッジ点 S_1 からZ方向に延ばして高反射ミラー面7との交点を端点 S_2 とする。

【0054】

かくして、エッジ点 R_1 及び端点 R_2 を結ぶラインとエッジ点 S_1 及び端点 S_2 を結ぶラインとのY方向の幅がレーザービーム幅 W_d となる。

【0055】

ここで、レーザビームの発振光軸Q方向の位相差について説明する。

【0056】

例えば図2に示すエッジ点R₁及び端点R₂を結ぶライン上に第1の光路P₁を想定し、エッジ点S₁及び端点₂を結ぶライン上に一致するライン上に第2の光路P₂を想定する。なお、これら第1の光路P₁及び第2の光路P₂は、レーザビーム幅Wd内の互いに離れた平行の各光路上であればよい。

【0057】

これら第1の光路P₁及び第2の光路P₂の光路長差すなわち位相差 $\Delta\phi$ は、次の式により表わされる。

【0058】

$$\Delta\phi = \int_2 (k \cdot n) dl - \int_1 (k \cdot n) dl \quad \dots (3)$$

この式(3)で表わされる屈折率nは、横方向の位置yの関数として近似的に

$$n(y) = n_0 - p \cdot y^2 \quad \dots (4)$$

により2乗分布として表わされる。なお、pは定数である。この屈折率nの変化は、2乗分布からずれても、滑らかに左右対称の関数であればよい。

【0059】

すなわち、第1の光路P₁上及び第2の光路P₂上の各光線が通過する点の屈折率の大きさは、Z方向に進行するに従って変化する。K₁～K₃はそれぞれ任意の各点における横方向の屈折率分布を示す。これら屈折率分布K₁～K₃は、それぞれ中央部で低く、周辺部になる程キャリアのない状態すなわち材料そのものの屈折率まで増大する。そして、これら屈折率分布K₁～K₃は、傾斜する電極ストライプ10に従ってその中心位置が横方向にずれる。

【0060】

レーザビームの位相は、波数kと屈折率nとの積分量により計算される。第1の光路P₁上及び第2の光路P₂上の各光は、それぞれ屈折率分布の傾斜部分を通過する。これにより、光共振器内の発振光軸Q上の中間点から見て高反射ミラー面7側と出力ミラー面8側とでは、各屈折率分布の傾斜が逆傾斜になる。

【0061】

例えば、屈折率分布 K_1 における発振光軸 Q 上の傾きは左側から右側に向って下がり（なお、右側から左側に向って上がるとも言える）、屈折率分布 K_3 における発振光軸 Q 上の傾きは左側から右側に向って上がる（なお、右側から左側に向って下がるとも言える）。

【0062】

従って、レーザビームの発振光軸 Q の全光路長に亘って横方向の全屈折率分布を平均化すると、すなわち全屈折率分布を全光路長に亘って積分して差を取ると、この差は最小になる。

【0063】

このことはレーザビームの発振光軸 Q の全光路長に亘って位相差が小さいことを示す。しかるに、レーザビームの発振光軸 Q 方向に略平面波が生じることを示す。この結果、半導体レーザ装置は、横方向に広がり角度の小さいレーザビームを出力することを可能にする。

【0064】

図3は電極ストライプ10の傾斜角度 θ を変化させたときのレーザビームの出力パワーとレーザビームの広がり角度と同方向の輝度とを示す。同図3において横軸は傾斜角度 θ であり、縦軸はレーザビームの出力パワー及び広がり角度、輝度である。

【0065】

同図から分かるように傾斜角度を大きくすると、レーザビームの出力パワーが低下する。これは、大きな傾斜角度になると、レーザビームと利得領域との重なりが少なくなるためである。一方、広がり角度の大きさは、傾斜角度 $\theta = \tan^{-1} ((W/2)/L)$ で求まる角度を最小として増加していく（角度 θ のときき度は最大となる）。

【0066】

これらから本実施の形態の半導体レーザ装置は、幅 $W = 200 \mu\text{m}$ 、長さ $L = 1000 \mu\text{m}$ の場合、傾斜約 4° 程度の傾斜角度で最大の輝度を得る。

【0067】

この結果、本発明の半導体レーザ装置は、従来と比較して、レーザビームの広

がり角度を4分の1以下にでき、輝度を3倍以上改善できる。

【0068】

このように上記第1の実施の形態においては、電極ストライプ10をレーザービームの発振光軸Qに対して横方向の面内で傾けて形成したので、単一の電極ストライプ10を用いて横方向に利得導波構造を有する半導体レーザー装置であっても、横方向のレーザービームの品質を大幅に向上できると共に、輝度をも格段に改善できる。これにより、半導体レーザー装置は、元々縦方向のレーザービームの品質が良いことから、横方向のレーザービームの品質を向上することによって、高出力がかつレーザービームの全体の品質を向上できる。

【0069】

従って、本発明の半導体レーザー装置から出力されたレーザービームは、集光レンズ等により集光することにより開口数を小さくできる。これにより、半導体レーザー装置からの高出力のレーザービームは、集光レンズ等を介して例えば $20\mu\text{m}$ 弱のコア径を有する細コア径の光ファイバに対して高効率に結合できる。この結果、本発明の半導体レーザー装置は、適用する分野を広くできる。

【0070】

例えば、半導体レーザー装置から出力されたレーザービームは、通信・情報の分野や材料加工用として利用できるのは勿論のこと、例えばプロジェクタで必要とされる可視光の光源となるアップコンバージョンファイバレーザーの励起源にも利用できる。プロジェクタに利用する場合は、高出力のレーザービームを高効率に小さいコア径の光ファイバで伝送して可視光を発生させることを要求されるが、この要求を十分に満足できる。

【0071】

又、本発明の半導体レーザー装置は、横方向のレーザービーム品質を改善するために、半導体レーザー装置の外部に全反射ミラーを個別に設ける必要がない。従って、本発明の半導体レーザー装置は、外部に光学素子を設けることなく、半導体レーザー装置の特徴である小型、堅牢性を損なうことなく、横方向のレーザービーム品質を向上できる。

【0072】

次に、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図1と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0073】

図4はアレイ型半導体レーザ装置の構成図である。クラッド層4上に複数の電極ストライプ10-1～10-nが各レーザビームの各発振光軸Qに対して横方向の面内において角度 θ ($=0.5^\circ \sim 5^\circ$) の範囲内で傾けて互いに並設して形成されている。

【0074】

これら電極ストライプ10-1～10-nの最良の傾き角度 θ は、例えばレーザビームの発振光軸Qに対して略 4° である。具体的に各電極ストライプ10-1～10-nは、例えば、幅 $200\mu\text{m}$ 以下で、互いの間隔 $300\mu\text{m}$ 、長さ10mmに造り込まれている。

【0075】

このような構成の半導体レーザ装置は、上記第1の実施の形態と同様に、各レーザビームの横方向の品質を大幅に向上できる。その上、上記半導体レーザ装置は、複数の電極ストライプ10-1～10-nを並列に配置することで、これら電極ストライプ10-1～10-nの倍数でレーザビーム出力を増大できる。例えば、上記半導体レーザ装置は、60W程度の出力パワーで従来の3倍以上の輝度のレーザビームを出力できる。

【0076】

なお、上記第2の実施の形態は、複数の電極ストライプ10-1～10-nを傾けて並列に配置しているが、このアレイ型半導体レーザ装置を複数縦方向に積み重ねてスタック型半導体レーザ装置を作成することができる。このようなスタック型半導体レーザは、kW級の高出力パワーで、横方向のレーザビームの品質を大幅に向上できる。

【0077】

なお、本発明は、上記第1及び第2の実施の形態に限定されるものでなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。

【0078】

さらに、上記実施形態には、種々の段階の発明が含まれており、開示されている複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出できる。例えば、実施形態に示されている全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題が解決でき、発明の効果の欄で述べられている効果が得られる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出できる。

【0079】

例えば、上記第1、第2の実施の形態は、それぞれ電極ストライプ5、複数の電極ストライプ10-1～10-nを形成し、かつ横方向を利得導波型として半導体レーザ装置に適用した場合について説明したが、これに限らず、Zn拡散プレーナストライプ構造、プロトン打ち込み構造、V溝ストライプ構造などの利得導波型の半導体レーザ装置にも適用できる。さらに、上記第1の実施の形態は、屈折率導波型の半導体レーザ装置であっても、電流拡散によって利得導波型が優勢になったものであれば適用できる。

【0080】

さらに、上記第1、第2の実施の形態の電極ストライプ5、複数の電極ストライプ10-1～10-nは、それぞれ例えば□-□族、□-□族の元素から構成される半導体レーザ装置であれば、発振波長に関わらず適用可能である。

【0081】

電極ストライプの傾斜する角度は、光軸に対して、左右いずれかに傾斜しても、同様な効果が得られるのは明らかである。

【0082】

又、第1の電極である電極ストライプ5、複数の電極ストライプ10-1～10-nは、横方向の屈折率分布をレーザビームの発振光軸Qの全光路長に亘って平均化する形状であれば、例えば図5に示すような各形状に形成してもよい。

【0083】

図5(a)に示す第1の電極11は、レーザビームの発振光軸Q上においてく字形状に形成した構成である。この場合、傾斜角 θ は、

$$\theta = \tan^{-1} \left((W/2) / (L/2) \right) \quad \dots (5)$$

となる角度に設定することが好ましい。同図 (b) に示す第 1 の電極 12 は、レーザビームの発振光軸 Q 上にじぐざぐ形状に形成した構成である。この場合、傾斜角 θ は、

$$\theta = \tan^{-1} \left((W/2) / (L/4) \right) \quad \dots (6)$$

が最適である。同図 (c) に示す第 1 の電極 13 は、レーザビームの発振光軸 Q 上に湾曲して形成した構成である。同図 (d) に示す第 1 の電極 14 は、レーザビームの発振光軸 Q 上に蛇行させて形成した構成である。同図 (c) (d) における傾斜角度は、それぞれ同図 (a) (b) と同様でよい。

【0084】

これら第 1 の電極 11 ~ 14 は、上記図 4 に示すアレイ型半導体レーザ装置や、このアレイ型半導体レーザ装置を複数縦方向に積み重ねて形成したスタック型半導体レーザ装置に適用できることは言うまでもない。

【0085】

【発明の効果】

以上詳記したように本発明によれば、横方向のレーザビームの品質を向上できる半導体レーザ装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に係わる半導体レーザ装置の第 1 の実施の形態を示す構成図。

【図 2】 本発明に係わる半導体レーザ装置の第 1 の実施の形態におけるレーザビームの発振光軸方向の位相差の説明図。

【図 3】 本発明に係わる半導体レーザ装置の第 1 の実施の形態における電極ストライプの傾斜角度を変化させたときのレーザ出力パワー及び広がり角度を示す図。

【図 4】 本発明に係わる半導体レーザ装置の第 2 の実施の形態を示す構成図。

【図 5】 本発明に係わる半導体レーザ装置における第 1 の電極の変形例を示す構成図。

【図 6】 従来の半導体レーザ装置の構成図。

【図 7】 半導体レーザ装置の縦方向の放射特性図。

【図 8】 半導体レーザ装置の横方向の放射特性図。

【図 9】 半導体レーザ装置の横方向の構造及び特性分布を示す図。

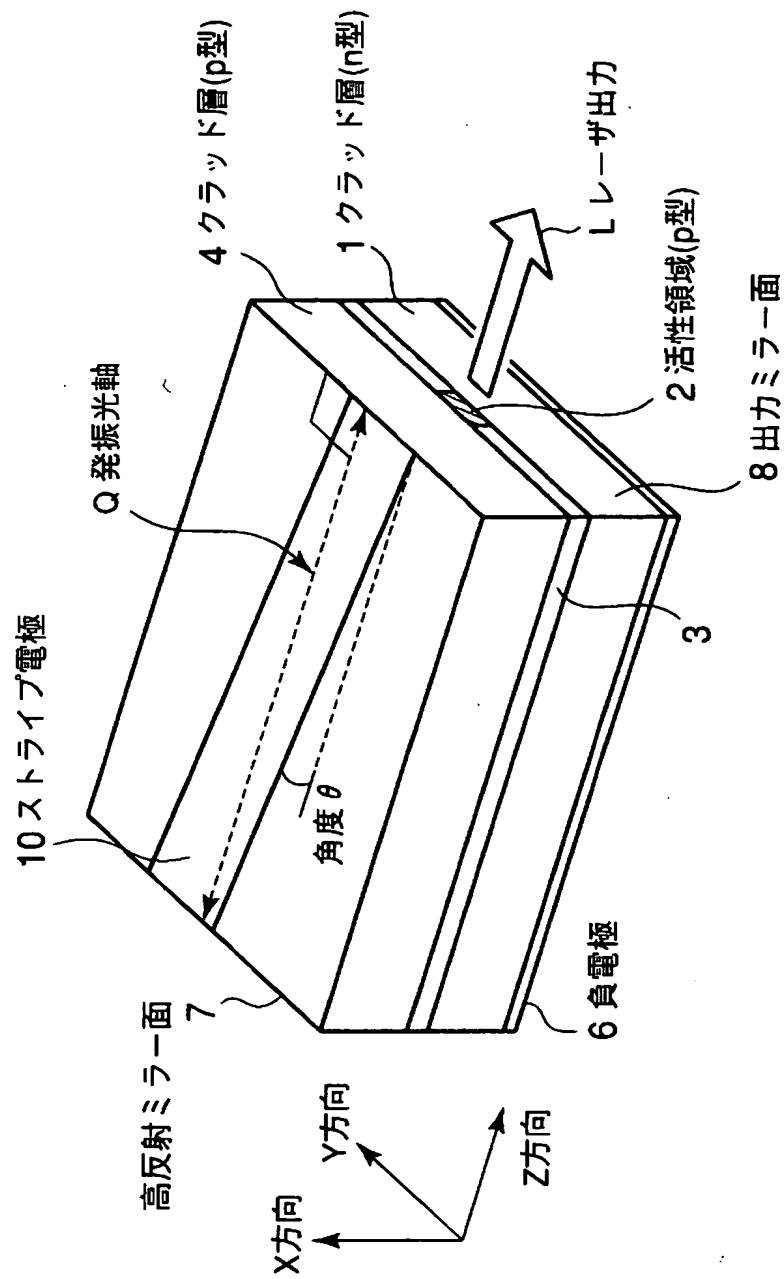
【符号の説明】

1, 4 : クラッド層、2 : 活性領域、3 : 活性領域層、6 : 負電極、7 : 高反射ミラー面、8 : 出力ミラー面、10、10-1 ~ 10-n : 電極ストライプ、11 ~ 14 : 第 1 の電極。

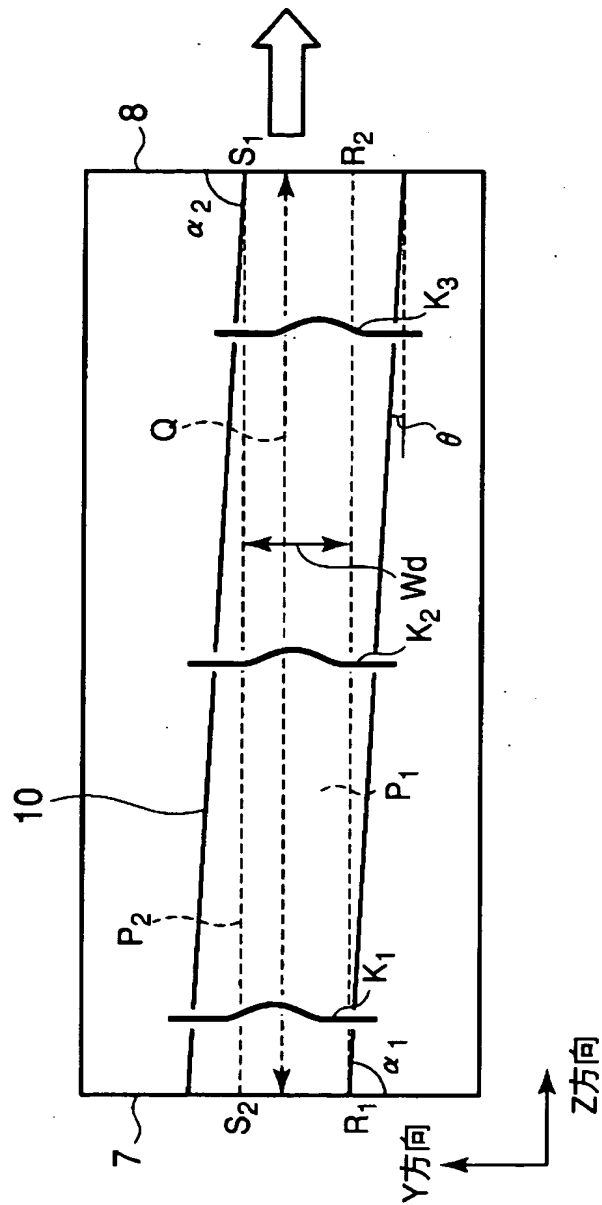
【書類名】

図面

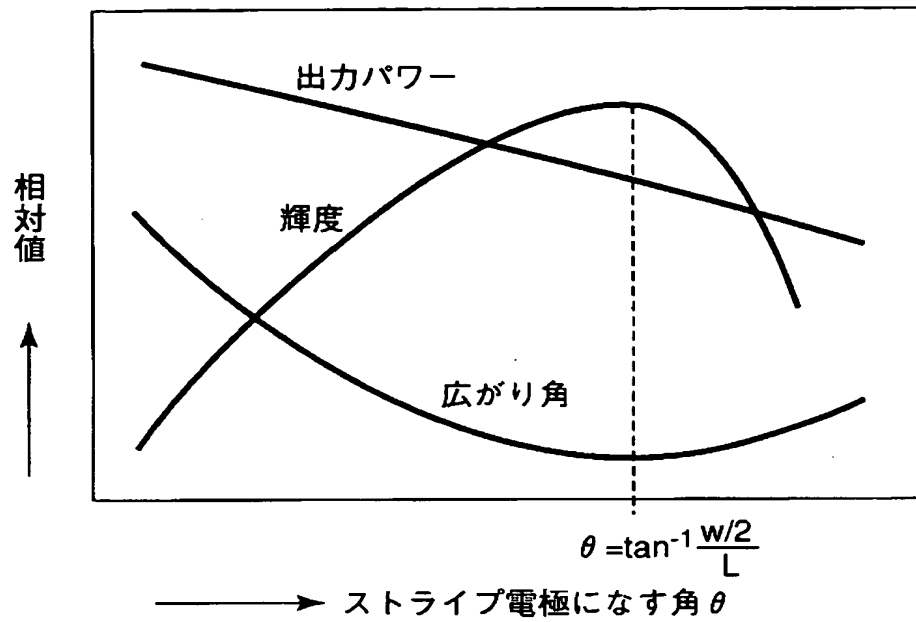
【図 1】



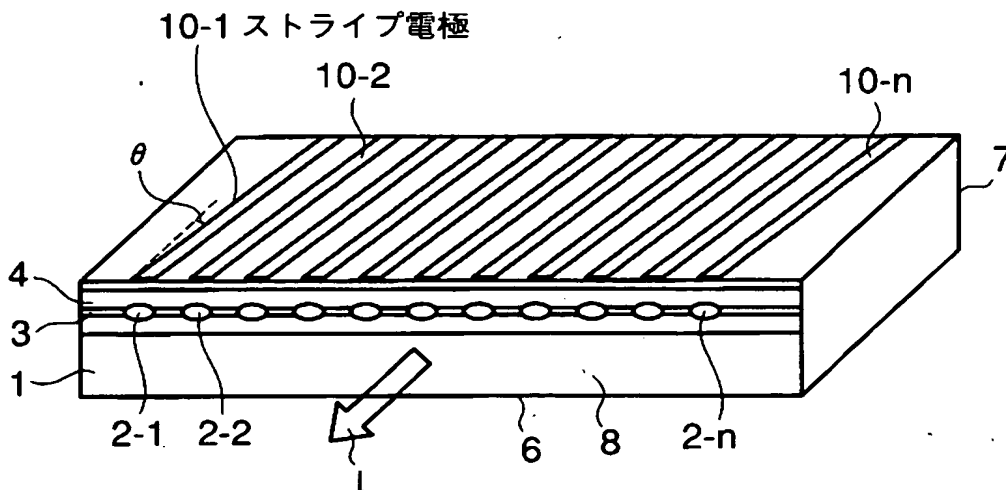
【図 2】



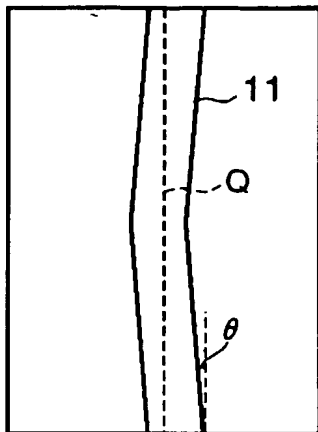
【図 3】



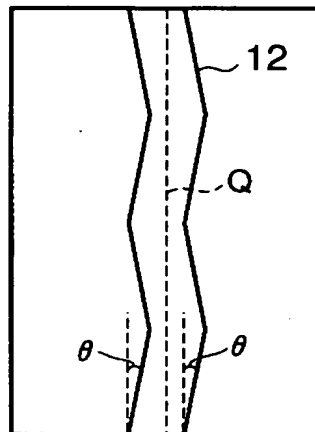
【図 4】



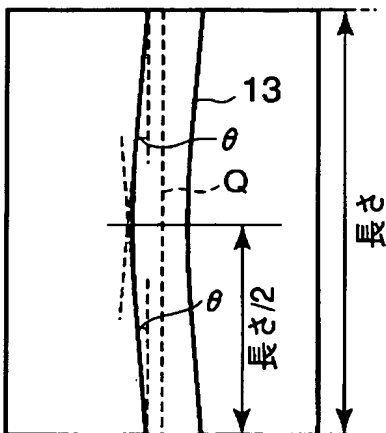
【図 5】



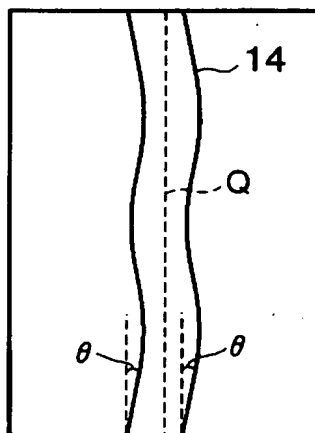
(a)



(b)

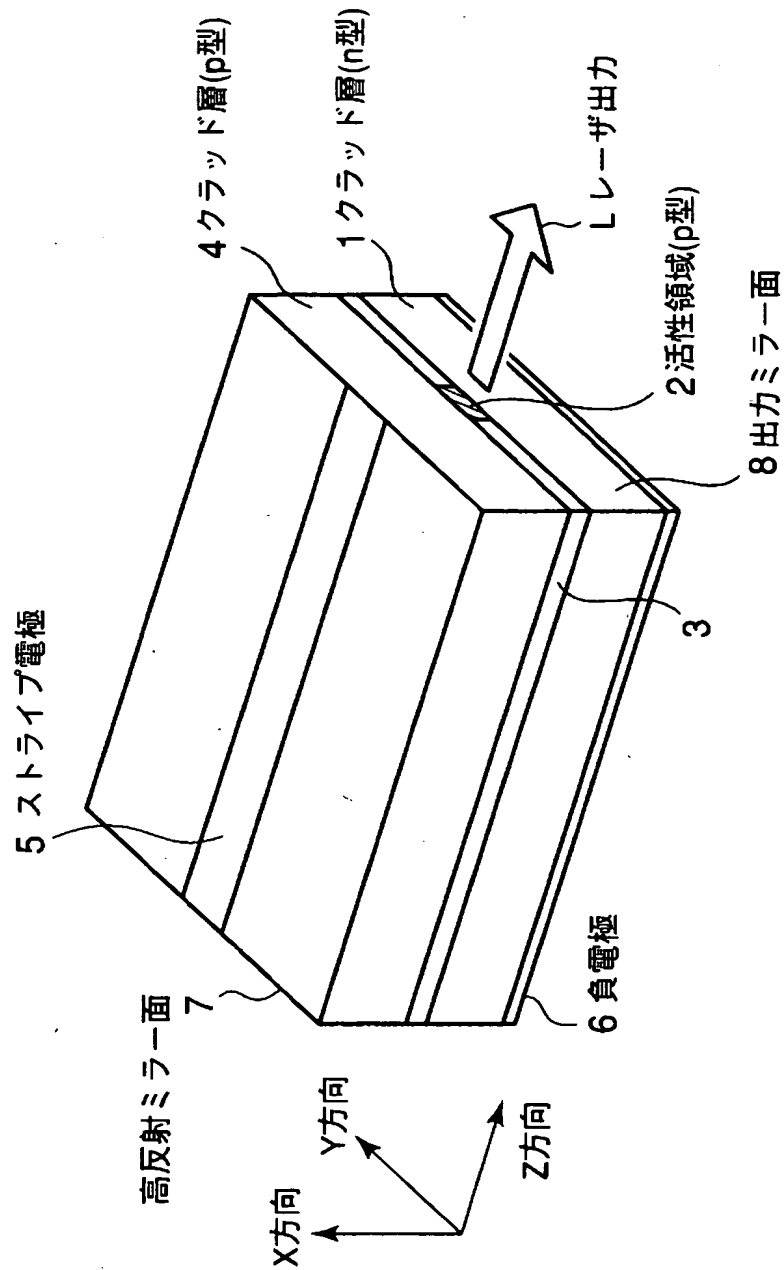


(c)

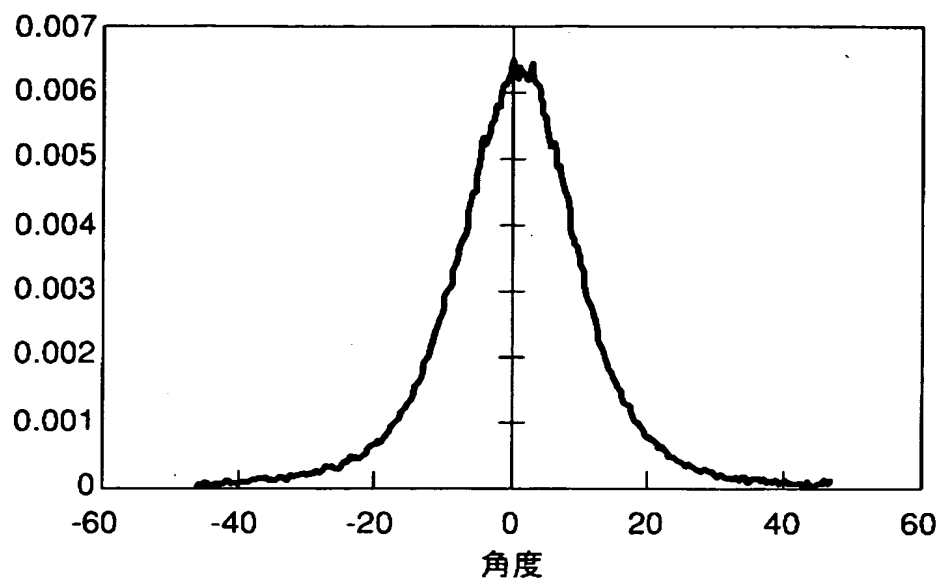


(d)

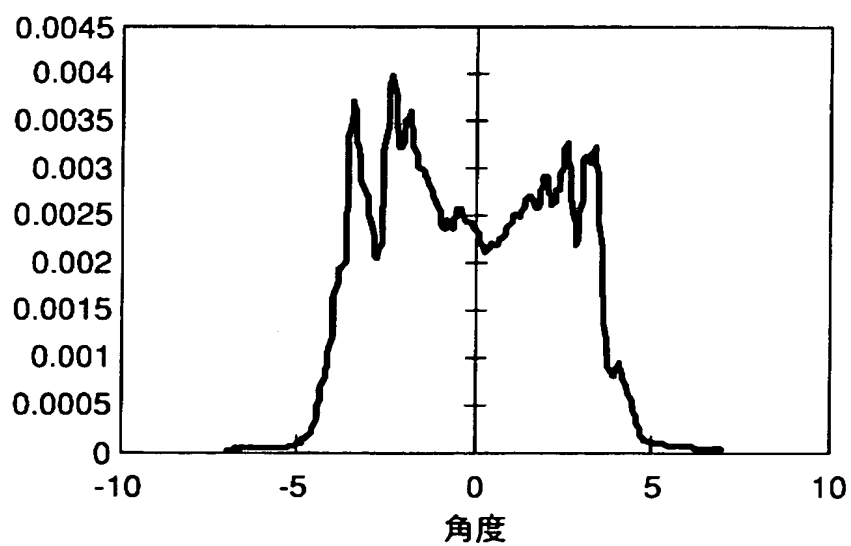
【図 6】



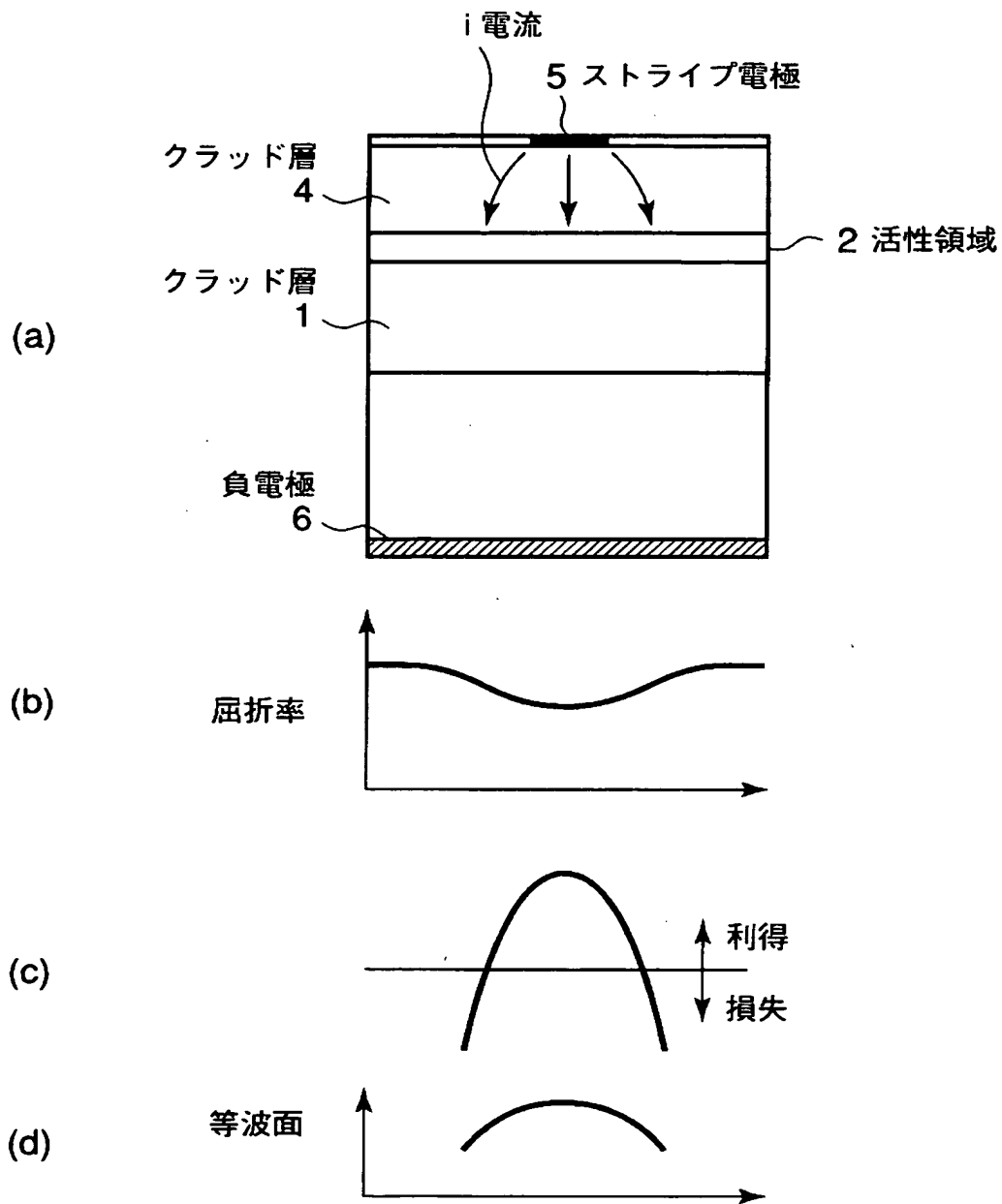
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 横方向のレーザビームの品質を向上すること。

【解決手段】 電極ストライプ10をレーザビームの発振光軸Qに対して横方向の面内で傾けて形成する。ことにより、単一の電極ストライプ5で、横方向に利得導波構造を有する半導体レーザ装置でも、横方向のレーザビームの品質を大幅に向上できると共に、輝度をも格段に改善できる。

【選択図】 図1

特願 2002-378280

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日

2001年 7月 2日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目1番1号

氏 名

株式会社東芝

2. 変更年月日

2003年 5月 9日

[変更理由]

名称変更

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目1番1号

氏 名

株式会社東芝